

(19) 日本国 特許 (1 P) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-352225
(P2002-352225A)

(43) 公開日 平成14年12月6日 (2002.12.6)

識別記号		P1		P2 (参考)	
G06T	1/00	G06T	1/00	330A	5B057
	7/00		7/00	C	5H180
G08G	1/16			300E	5L096
		G08G	1/16	C	

審査請求 未請求 請求項の数 9 OL (全 14 頁)

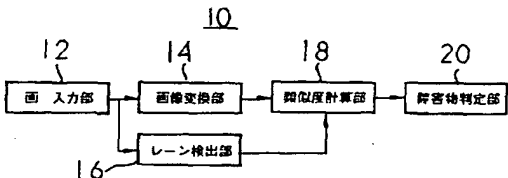
(21) 出願番号	特開2001-154568(P2001-154569)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝一丁目1番1号
(22) 出願日	平成13年5月23日 (2001.5.23)	(72) 発明者	武田 信之 神奈川県横浜市神奈川区東芝町1番地 株 式会社東芝研究開発センター内 (72) 発明者 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝研究開発センター内 (74) 代理人 100059225 弁理士 高田 瑠子 (外 3 名)

(54) 発明の名称 障害物検出装置及びその方法

(57) 要約 (修正有)

【課題】 雨天時のような道路面が濡れた状態で障害物や周辺環境が路面に映り込みが発生している状況下においても、先行車や歩行者等の障害物を高精度に検出する。

【解決手段】 2台のカメラから画像を入力する画像入力部12と、カメラ1画像の道路面領域内の画素点を、カメラ2画像の対応する画素点に変換する画像変換部14と、カメラ2から得られる画像の特徴から道路上の走行レーンを検出するレーン検出部16と、レーン内の領域の画像ラインに、障害物が道路面と接地するとしてカメラ1画像-カメラ2画像間、カメラ2画像-変換画像間の画像間演算を行う処理領域を設定し、カメラ1画像及び変換画像の処理領域間の類似度を各々求める類似度計算部18と、類似度計算部18で求められる道路領域上の2つの類似度の差から障害物を検出する障害物判定部20とからなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 2台のカメラを用いて、これらカメラの共通の視野にある基準平面上に存在する障害物を検出する障害物検出装置において、前記両カメラから第1画像と第2画像がそれぞれ入力する画像入力手段と、

基準平面と前記2台のカメラの幾何学的関係から導き出されたものであって、第1画像の基準平面領域内の任意の画素点を、第2画像の対応する画素点へ変換する画像変換手段と、第1画像を変換画像へ変換する画像変換手段と、第2画像の所定の領域内の任意の画素ラインが前記障害物と基準平面との接地線であると仮定して、前記画像ラインを画像線方向に移動させながら第1画像と第2画像との画像間演算の処理領域を設定して、第1画像と第2画像の類似性を示す類似度Dを求め、また、前記画像ラインを画像線方向に移動させながら第2画像と変換画像との画像間演算の処理領域における画像線方向の類似度Dを求め、両画像の類似性を示す類似度Pを求める類似度計算手段と、

前記類似度計算手段で求められた基準平面領域上の類似度Dと類似度Pに基づいて前記障害物を検出する障害物判定手段と、

を有することを特徴とする障害物検出装置。

【請求項2】 前記障害物判定手段は、前記類似度計算手段で求められる基準平面領域上の類似度Dと類似度Pとの差を求め、この差が大きい位置に前記障害物が存在すると判断することを特徴とする請求項1記載の障害物検出装置。

【請求項3】 前記類似度計算手段において、第2画像上の画像線方向の位置に基づいて前記処理領域の幅や高さを設定することを特徴とする請求項1、2記載の障害物検出装置。

【請求項4】 前記障害物検出手段において、全ての画像線方向について予め設定された閾値以上となる類似度の差が存在しないときには障害物が無いとし、

画像線方向について前記閾値以上となる類似度の差Kが存在するときには、前記閾値以上のKの範囲で前記障害物を検出することを特徴とする請求項2記載の障害物検出装置。

【請求項5】 前記類似度計算手段において、処理領域の幅、高さを決めるn (但し、1<1=<n) 個の異なる関数を用意して、前記各関数によって決まる処理領域で各々類似度D1、類似度P1を求め、前記各関数によって生成された処理領域の類似度D1、類似度P1、から各々障害物位置を検出し、その検出した障害物位置の全て、一部、または、最も前記

両カメラに近い位置を前記障害物の位置とすることを特徴とする請求項1、2記載の障害物検出装置。

【請求項6】 前記障害物判定手段において、γ方向を画像線方向として、K (γ) に対し0以上の閾値によって閾値処理した結果をK_n (γ) とし、

【数1】
$$\sum_{\gamma} K_n(\gamma) = 0$$
を満たす時に前記障害物が無いと判定し、それ以外の場合にはαを0から1の定数とし、

【数2】
$$|\alpha \sum_{\gamma} K_n(\gamma) - \sum_{\gamma} K_n(\gamma)|$$
を最小とするγ0を障害物の位置とする判定することを特徴とする請求項2から4記載の障害物検出装置。

【請求項7】 3台以上のカメラの中から任意の2台のカメラを用いて前記障害物をそれぞれ検出し、前記複数の障害物の検出結果、または、これらカメラに最も近い障害物の位置を選択し出力することを特徴とする請求項1から5記載の障害物検出装置。

【請求項8】 2台のカメラを用いて、これらカメラの共通の視野にある基準平面上に存在する障害物を検出する障害物検出手法において、前記両カメラから第1画像と第2画像がそれぞれ入力する画像入力手段と、

基準平面と前記2台のカメラの幾何学的関係から導き出されたものであって、第1画像の基準平面領域内の任意の画素点を、第2画像の対応する画素点へ変換する画像変換手段と、第1画像を変換画像へ変換する画像変換手段と、第2画像の所定の領域内の任意の画素ラインが前記障害物と基準平面との接地線であると仮定して、前記画像ラインを画像線方向に移動させながら第1画像と第2画像との画像間演算の処理領域を設定して、第1画像と第2画像の類似性を示す類似度Dを求め、また、前記画像ラインを画像線方向に移動させながら第2画像と変換画像との画像間演算の処理領域における画像線方向の類似度Dを求め、両画像の類似性を示す類似度Pを求める類似度計算手段と、

前記類似度計算手段で求められた基準平面領域上の類似度Dと類似度Pに基づいて前記障害物を検出する障害物判定手段と、

を有することを特徴とする障害物検出手法。

【請求項9】 2台のカメラを用いて、これらカメラの共通の視野にある基準平面上に存在する障害物を検出する障害物検出手法をコンピュータによって実現するプログラムにおいて、

前記両カメラから第1画像と第2画像がそれぞれ入力す

る画像入力機能と、基準平面と前記2台のカメラの幾何学的関係から導き出されたものであって、第1画像の基準平面領域内の任意の画素点を、第2画像の対応する画素点へ変換する画像変換機能と、

第2画像の所定の領域内の任意の画像ラインが前記障害物と基準平面との接地線であると仮定して、前記画像ラインを画像線方向に移動させることにより第1画像と第2画像との画像間演算の処理領域を複数設定して、第1画像と第2画像の処理領域方向の関数であって、両画像の類似性を示す類似度Dを求め、また、前記画像ラインを画像線方向に移動させながら第2画像と変換画像との画像間演算の処理領域における画像線方向の関数であって、両画像の類似性を示す類似度Pを求める類似度計算機能と、

前記類似度計算機能で求められた基準平面領域上の類似度Dと類似度Pに基づいて前記障害物を検出する障害物判定機能と、をコンピュータによって実現することを特徴とする障害物検出方法のプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、主として、自動車等の安全運転の支援や自動走行を実現するために、車載カメラにより、先行車、駐車車両、歩行者等、道路上に存在する障害物を検出する障害物検出装置及びその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 障害物を検知するための技術は、レーザや超音波等を利用するものと、TVカメラを利用するものと大別できる。レーザを利用するものは高価であり、超音波を利用するものは超音波の解像度が低いため、障害物の検出精度に問題がある。また、レーザや超音波等を用いる能動センサ車載では走行レーンの認識ができない。

【0003】 これに対し、TVカメラは比較的安価であり、解像度や計測精度、計測範囲の面からも障害物検出に適する。また、走行レーンの認識も可能である。TVカメラを用いる場合、1台のカメラを使用する方法と複数台のカメラ（ステレオカメラ）を使用する方法がある。

【0004】 1台のカメラを使用する方法は、そのカメラで撮影した1枚の画像から、傾度や色、あるいはテクスチャ等の情報を手がかりにして道路領域と障害物領域を分離する。

【0005】 例えば、画像中で影度の低い中程度の傾度領域、つまり灰色の領域を抽出し道路領域を求めたり、テクスチャの少ない領域を求めて、道路領域を抽出し、それ以外の領域を障害物領域とする。しかし、道路と似た傾度、色、あるいはテクスチャを持つ障害物も数多く存在するため、この方法で障害物領域と道路領域を切り

分けるのは困難である。

【0006】 これに対し、複数台のカメラを用いる方法は、3次元情報を手がかりにして障害物を検出する。この方法は一般に「ステレオ視」と呼ばれる。

【0007】 ステレオ視とは、例えば2つのカメラを左右に配置し、3次元空間中で同一点である点を左右画像間で対応づけ、三角測量の原理で、その点の3次元位置を求めものである。各カメラの道路平面に対する位置や姿勢等を予め求めておく、ステレオ視により画像中の任意の点の道路平面からの高さが得られる。このようにすることにより、高さの有無によって障害物領域と道路領域を分離することができ、ステレオ視によれば、1台のカメラを用いる場合のような問題を回避することが可能である。

【0008】 しかし、通常のステレオ視には、対応点探索という問題がある。ステレオ視とは、一般的には画像上の任意の点のステレオカメラに固定した座標系（以下ではステレオカメラ座標系と呼ぶ）に対する3次元位置を求める技術である。対応点探索は空間中で同一である点を左右の画像間で対応づけなければならない問題がある。対応点探索は、ステレオ視の実用化を妨げる要因の一つとなっている。

【0009】 この点、特開2001-76128や特開2000-29369で示される手法はステレオカメラを用いるながらも対応点探索を行うことなく、非常に高速に道路上の障害物を検出する方法（以下、従来手法と呼ぶ）を提供している。

【0010】 これらの従来手法では、道路面を平面と仮定し、ステレオカメラと道路面の幾何学的関係からあるカメラ画像（カメラ1画像）の道路面領域上の画素点を他方のカメラ画像（カメラ2画像）の道路面領域上の対応画素点に対応付ける画像変換Tを求め、カメラ1画像を画像変換Tにより変換した画像（変換画像）とカメラ2画像の違いから障害物を検出している。つまり画像変換Tによって、カメラ1画像に映っている道路面領域上の任意の画素は正しくカメラ2画像の対応画素に変換されるのに対し、高さを持っている物体（すなわち障害物）領域上の画素は正しく対応画素に変換されないこと

から、その差をとることにより障害物を高速に検出している。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、雨天時の濡れた路面の様に、障害物や道路周辺の構造物、環境の映り込みが生じている場合には、道路面上で高さがある以外の物体を検出する従来手法では正しく障害物を検出することができなかった。

【0012】 なぜなら、路面への映り込みは仮想的に自の高さを持つ物体と見做せるためであり、前記の画像変換によって虚像は正しく対応画素に変換されないためで

ある。

【0013】 そこで、本発明は上記事情を鑑みてなされたもので、従来手法と同様のステレオ対応付けが必要無いといった特徴を持ちながら、道路面に映り込みが生じた場合にも正しく障害物を検出できる障害物検出装置及びその方法を提供する。

【0014】

【課題を解決するための手段】 請求項1の発明は、2台のカメラを用いて、これらカメラの共通の視野にある基準平面上に存在する障害物を検出する障害物検出装置において、前記両カメラから第1画像と第2画像がそれぞれ入力する画像入力手段と、基準平面と前記2台のカメラの幾何学的関係から導き出されたものであって、第1画像の基準平面領域内の任意の画素点を、第2画像の対応する画素点へ変換する画像変換機能と、第1画像を変換画像へ変換する画像変換手段と、第2画像の所定の領域内の任意の画像ラインが前記障害物と基準平面との接地線であると仮定して、前記画像ラインを画像線方向に移動させながら第1画像と第2画像との画像間演算の処理領域を複数設定して、第1画像と第2画像の処理領域における画像線方向の関数であって、両画像の類似性を示す類似度Dを求め、また、前記画像ラインを画像線方向に移動させながら第2画像と変換画像との画像間演算の処理領域における画像線方向の関数であって、両画像の類似性を示す類似度Pを求める類似度計算手段と、前記類似度計算手段で求められた基準平面領域上の類似度Dと類似度Pに基づいて前記障害物を検出する障害物判定手段と、を有することを特徴とする障害物検出装置である。

【0015】 請求項2の発明は、前記障害物判定手段は、前記類似度計算手段で求められる基準平面領域上の類似度Dと類似度Pとの差Kを求め、この差が大きい位置に前記障害物が存在すると判断することを特徴とする請求項1記載の障害物検出装置である。

【0016】 請求項3の発明は、前記類似度計算手段において、全ての画像線方向について予め設定された間隔以上のとなる類似度の差Kが存在しないときには障害物が無いとし、画像線方向について前記間隔以上のとなる類似度の差Kが存在するときには、前記間隔以上のKの範囲で前記障害物を検出することを特徴とする請求項2記載の障害物検出装置である。

【0017】 請求項4の発明は、前記障害物検出手段において、全ての画像線方向について予め設定された間隔以上のとなる類似度の差Kが存在しないときには障害物が無いとし、画像線方向について前記間隔以上のとなる類似度の差Kが存在するときには、前記間隔以上のKの範囲で前記障害物を検出することを特徴とする請求項2記載の障害物検出装置である。

【0018】 請求項5の発明は、前記類似度計算手段において、処理領域の幅、高さを決めるn（但し、1<1= \leq n）即ち異なる関数を用意して、前記各関数によって決まる処理領域で各々類似度D₁、類似度P₁を求め、前記障害物判定手段において、前記各関数によ

って生成された処理領域毎の類似度D₁、類似度P₁から各々障害物位置を検出し、その検出した障害物位置の全て、一部、または、最も前記両カメラに近い位置を前記障害物の位置とすることを特徴とする請求項1、2記載の障害物検出装置である。

【0019】 請求項6の発明は、前記障害物判定手段において、y方向を画像線方向として、K（y）に対し0以上の関値によって閾値処理した結果をK_{th}（y）とし、

【数3】

$$\sum_y K_{th}(y) = 0$$

を満たす時に前記障害物が無いと判定し、それ以外の場合には α を0から1の定数とし、

【数4】

$$\left| \alpha \sum_y K_{th}(y) - \sum_y K_{th}(y) \right|$$

を最小とするとy₀を障害物の位置とする判定することとを特徴とする請求項2から4記載の障害物検出装置である。

【0020】 請求項7の発明は、3台以上のカメラの中から任意の2台のカメラを用いて前記障害物をそれぞれ検出し、前記複数の障害物の検出結果、または、これらカメラに最も近い障害物の位置を選択して出力することとを特徴とする請求項1から5記載の障害物検出装置である。

【0021】 請求項8の発明は、2台のカメラを用いて、これらカメラの共通の視野にある基準平面上に存在する障害物を検出する障害物検出方法において、前記両カメラから第1画像と第2画像がそれぞれ入力する画像入力手段と、基準平面と前記2台のカメラの幾何学的関係から導き出されたものであって、第1画像の基準平面領域内の任意の画素点を、第2画像の対応する画素点へ変換する画像変換機能と、第1画像を変換画像へ変換する画像変換手段と、第2画像の所定の領域内の任意の画像ラインが前記障害物と基準平面との接地線であると仮定して、前記画像ラインを画像線方向に移動させることにより第1画像と第2画像との画像間演算の処理領域を複数設定して、第1画像と第2画像の処理領域における画像線方向の関数であって、両画像の類似性を示す類似度Dを求め、また、前記画像ラインを画像線方向に移動させながら第2画像と変換画像との画像間演算の処理領域における画像線方向の関数であって、両画像の類似性を示す類似度Pを求める類似度計算手段と、前記類似度計算手段で求められた基準平面領域上の類似度Dと類似度Pに基づいて前記障害物を検出する障害物判定手段と、を有することを特徴とする障害物検出方法である。

【0022】 請求項9の発明は、2台のカメラを用い

て、これらのカメラの共通の視野にある基準平面上に存在する障害物を検出する障害物検出方法をコンピュータによって実行するプログラムにおいて、前記各カメラから第1画像と第2画像がそれぞれ入力する画像入力機能と、基準平面と前記2台のカメラの幾何学的関係から導き出されたものである、第1画像の幾何学的関係から任意の座標系を、第2画像の対応する画素点へ変換する画像変換に基づいて、第1画像を変換画像へ変換する画像変換機能と、第2画像の所定の領域内の任意の画像ラインが前記障害物と基準平面との接点であると仮定して、前記画像ラインを画像経方向に移動させることにより第1画像と第2画像との画像間演算の処理領域を複数設定して、第1画像と第2画像の処理領域間における画像経方向の相対ずれを、両画像の類似性を示す類似度Dを求め、また、前記画像ラインを画像経方向に移動させながら第2画像と変換画像との画像間演算の処理領域間における画像経方向の相対ずれを、両画像の類似性を示す類似度Pを求める類似度計算機能と、前記類似度計算機能で求められた基準平面領域上の類似度Dと類似度Pに基づいて前記障害物を検出する障害物検出機能と、をコンピュータによって実行することを特徴とする障害物検出方法のプログラムである。

【0023】
【処理の実施の形態】以下で、本発明の実施例を図面に従って説明する。

【0024】本実施例では、左右2台のステレオカメラを構成した車（ステレオカメラを構成した車と呼ぶ）が道路面（基準平面）上を走行し、道路面上に存在する先行車や歩行者等の障害物を検出する状況想定している。

【0025】図1は、本実施例における障害物検出装置10の構成構成を示すもので、画像入力部12、画像変換部14、レーン検出部16、類似度計算部18、障害物判定部20から構成される。これらの各装置は、コンピュータに記述されたプログラムによって、下記で説明する機能が実現される。

【0026】以下各部の詳細について説明する。

【0027】（画像入力部12）画像入力部12は車両上に固定された2台のカメラ（ステレオカメラ）から画

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Y_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

カメラ1のカメラパラメータも同様に4×3の行列で表現できる。

【0038】
【数6】

8

・像を入力する（図2参照）。
【0028】後述するように、路面上に平面があるものと仮定して、この2台のカメラで得られた画像上の対応領域間で類似度を求めることとなるため、2台のカメラは光軸が平行で、光軸に関して回転が無いものとする。
【0029】但し、この条件は、カメラ画像の補正（例えば、回転補正等）が可能な範囲や、後述の処理で製造として無視できる範囲では、必ずしも満たす必要はない。

10
【0030】（画像変換部14）画像変換部14は、ステレオカメラと道路面の幾何学的関係から導き出される変換によってカメラ1画像を変換して変換画像を生成する。

【0031】この変換は、カメラ1とカメラ2で撮像した道路面上の任意の点Aを各画像上の座標A1、A2としたときに、画素点A1を画素点A2に対応付けるような画像変換である（図3参照）。
【0032】つまり、道路面領域に関してカメラ1画像をカメラ2の視点に変換するような画像変換となっている。このような画像変換の求め方の例は、前記した従来手法で詳述されている。

30
【0033】この従来手法では、カメラ1画像における道路面上の画素は画像変換によって正しく対応点に変換される。これに対し、空間中で高さのある物体は画像中で割れ込むような歪みを伴って変換されることを利用し、カメラ2画像とカメラ1画像の変換画像の差分等を計算して、この歪みによって生じる相違を検出することによって障害物を見つけ出している（図4参照）。
【0034】ここで、画像変換について説明する。

【0035】一般に、カメラ1で得られた画像の道路面の位置（画像中の投影位置）を、カメラ2で得られた画像（基準画像）の道路面の位置に等しくなるように、幾何的な変換を行うことが可能である。
【0036】例えば、カメラ2のカメラパラメータが次のような4×3の行列で表現できるとする。ここで（X、Y、Z）は空間座標であり、（x、y）は画像座標である。

【0037】
【数5】

9

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & q_{14} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} & q_{24} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} & q_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

このとき、道路面上の点の拘束条件は次式で与えられる。
* 【0039】
【数7】

$$\begin{bmatrix} a & b & c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = 0 \quad (3)$$

（1）（2）（3）式を連立して解くと、（x1、y1）から（x2、y2）に変換する次式の関係が得られる。
* 【0040】
【数8】

$$\begin{bmatrix} z_1 \\ y_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_2 \\ y_2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

この式が画像変換Tである。そして、道路面上の点であれば（4）式により、カメラ1の画像の位置から、カメラ2の画像の位置に変換できることを示している。逆にいえば、道路面上に無い点は、（4）式の関係を満たさないで、（4）式の変換では、同じ位置に変換されないことを示している。

【0041】この変換パラメータは2つのカメラが固定されていれば固定値になることも明らかである。従って、変換パラメータとしては、r11からr33までの9個の値を記憶すればよい。

【0042】（レーン検出部16）レーン検出部16は、カメラ2画像から障害物を含むような道路上の走行レーン領域を検出する。
【0043】例えば、カメラ2画像に対してエッジ検出、Hough変換等の処理で得られる白線検出結果を用いて見つけ出された白線からの走行レーンや、その隣接レーン内の領域などである。

【0044】レーン検出手法は既存のいかなる手法を用いてもかまわない。但し、道路面上の領域を検出可能であれば、通常白線によって明示的に示されるレーンマークである必要はない。しかし、以下では説明を簡単にするために、走行レーンを検出して得られるレーンを想定して説明を進めていく。

【0045】また、従来手法のようなカメラ1画像、カメラ2画像のレーン検出結果から自車の振動や路面の傾き等を求め画像変換Tの補正を行っているような場合には、もちろんそのレーン検出結果を用いてもよい。

【0046】（類似度計算部18）類似度計算部18では、レーン検出部16で得られたレーン検出結果から（画像上の）レーン領域内の様々な画像ラインで、道路

10

面上にある大きさの障害物が存在するものと仮定しながら次々と処理領域を設定し、カメラ1画像-カメラ2画像間及びカメラ2画像-変換画像間の類似度を計算する。

【0047】処理領域の設定例を図5に示す。ここで、x軸方向とは画面の横方向をいい、y軸方向とは画面の縦方向をいう。

【0048】自車のほぼ前方に障害物が存在するものとし、その障害物の表面（つまり画像として撮像される面）は、カメラから障害物までの距離に対し、平面と見做せるものとする。このときレーン領域内の各画像ライン（x軸に平行なライン）について、これらのラインを障害物平面と道路の接点線と仮定し、この接点線の幅（画像上でのx軸方向のレーン幅になる）や画像上でのy座標値からカメラ2画像上における矩形の処理領域を次々と設定する。

【0049】なお、画像ラインは、障害物平面と道路の接点線を示すものであれば、上記のようなx軸に平行なラインに限らず、x軸に対し傾斜していてもよい。

【0050】処理領域のレーン内における位置と幅は、レーン幅または前記y座標値から決定する。また、処理領域の長さも、前記y座標値から決定する。これらはレーン幅またはy座標値の関数として表し、この関数は検出した障害物の大きさの範囲から適当に決める。

【0051】次に、カメラ2画像上の処理領域に対応するカメラ1画像と変換画像上の処理領域を設定する。

【0052】カメラ1画像上の対応する処理領域は、カメラ2画像上の処理領域の下端を画像変換に用いた変換Tの逆変換T-1によって変換した同一の大きさを持つ領域とする。

[0053] ここで、逆変換T⁻¹は、仮定する接地点(つまり処理領域の最下部の画像ライン)におけるステレオカメラによって生じる視差を相殺する変換となっている。変換画像上の処理領域はカメラ2画像の領域と画像上の座標が同一となる領域とする。

[0054] これらの設定した領域に対し、カメラ1画像-カメラ2画像間、カメラ2画像-変換画像間の各々で類似度を計算することになる。正規化相互相関(normalized cross correlation)やSAD(Sum of Absolute Difference)、SSD(Sum of Squared Difference)等を類似度として用いることが可能である。

[0055] (特許権判定部20) 特許権判定部20では、類似度計算部18で求めたカメラ1画像-カメラ2画像間の類似度(類似度Dと呼ぶ)、カメラ2画像-変換画像間の類似度(類似度Pと呼ぶ)を用い、 $K = \text{類似度D} - \text{類似度P}$ から障害物を検出する。

[0056] (変換例) 以下ではいくつかの典型的な路面の状態を考え、式(5)からどのように障害物を検出するかを説明する。

[0057] ここでは前方の道路面上の道路領域に障害物があり、下記の4つの路面状態を考える。

[0058] 第1の路面状態・・・「止」や速度制限の表示のような画像上で2次元的なパターンとなつて現れる模様がある場合(図6参照)。

[0059] 第2の路面状態・・・路面に模様が始ど無い場合(図7参照)。

[0060] 第3の路面状態・・・停止線や路面の罫目、近路領域や周辺の構造物の影により、路面上に一次的な強いパターンがある場合(図8参照)。

[0061] 第4の路面状態・・・雨天時のような路面が濡れた状態で、障害物や周辺構造物の虚像が路面上に映り込む場合(図9参照)。

[0062] なお、以下では類似度は0～1の値をとり、値が大きい程類似度が高いものとして説明する。また前述のように説明を簡明にするために、カメラ1画像-カメラ2画像間の類似度を類似度D、変換画像-カメラ2画像間の類似度を類似度Pと呼ぶ。

[0063] (5) 第1の路面状態

まず、はじめに、図6のように「止」や速度制限の表示やマンホール等の、画像上で2次元的なパターンとなつて現れる模様(テクスチャ)がある場合について説明する。

[0064] 図6の各画像上の座標によって示した矩形は、カメラ2画像上で設定した処理領域と、それぞれ対応する処理領域の代表的な例を示している。

[0065] これらの対応する処理領域間で類似度D(y)、類似度P(y)、類似度D(y) - 類似度P(y)の路面状態のように類似度D(y)からだけでは障害物を検出できないが、類似度P(y)が高く式(5)は負または小さな正の値をもつことになるため、式(5)についてピーク位置の探索等の解析を行えば障害物を正しく検出できることになる。

[0077] (3) 第3の路面状態

次に、図8のような路面上に停止線や道路の罫目、道路周辺の構造物による影等の一次的な強いテクスチャが存在する場合について説明する。

[0078] 処理領域内にこの強いテクスチャがあった場合(図中の領域a)について、本来、カメラ1画像とカメラ2画像のそれぞれ処理領域内のテクスチャにはステレオ相関による「ずれ」が生じているはずであるが、テクスチャが一次的であるためその「ずれ」が類似度に反映されない。

[0079] したがって、仮定を満たしていない処理領域にもかかわらず類似度D(y)が高くなり、類似度D(y)からだけでは障害物を正しく検出できないことがある。

[0080] しかしながら、路面上のテクスチャが一次的かつ2次元的なため、カメラ1画像の路面テクスチャは画像変換によってカメラ2画像の対応画像と一致し、類似度P(y)は高い値を持つことになるため、第1、第2の路面状態と同様に、式(5)からこのピーク位置の探索等の解析を行うことによって障害物を検出することができる。

[0081] (4) 第4の路面状態

図9のような障害物や周辺構造物の虚像が路面上に映り込む場合について説明する。

[0082] 仮に路面が鏡面と仮定した場合、見掛け上の負の高さの物体によるステレオ相関による「ずれ」が処理領域内に発生し、類似度P(y)も、カメラ1画像上の映り込みが高さを持つ物体同様、歪みをもつて変換されることになるため、小さな値をもつことになる。

[0083] 一般的に雨天時のような濡れた路面では、路面は路面テクスチャに水膜による障害物や周辺環境による鏡面反射成分を含んだ画像として撮像される。

[0084] 鏡面反射成分が少ない場合には、第1、第2の路面状態に近い結果となり、鏡面反射成分が多い場合には、前述の鏡面反射成分が起きる場合に近い結果となる。いずれの場合も類似度D(y)と類似度P(y)はどちらも近い値をもつため、類似度D(y)と類似度P(y)に対して式(5)を適用し、ピーク位置の探索等の解析を行えば障害物位置を検出し、式(5)で類似度D(y)と類似度P(y)の差を求め、y₀を求め、y₀を障害物位置として用いられる。

[0089] 類似度計算部18において、カメラ1画像、カメラ2画像及び変換画像の1つ以上の異なる縮小率の縮小画像(マルチスケール画像)を各々生成し、設定された処理領域の高さまたは幅あるいは面積(画素数)を用いて使用するスケール画像を選択し、縮小画像上の対応領域で類似度D(y)及び類似度P(y)を求め出力するようにしてもよい。

[0090] 障害物を自車に近いと仮定した場合(画像下部)には処理領域が大きくなるため、マルチスケール処理は使用する画像処理装置10の演算能力が低い場合や、類似度として用いる統計量の演算コストが高い場合に特に有効である。

[0091] (変更例2) 上記実施例の障害物判定部20では、式(5)に対して閾値処理をして障害物位置を決定していた。図6から図9で図示したように、式(5)は一般的に障害物位置を中心にして広がりを持つ。

[0092] 従って、
$$\sum_y K_m(y) = 0$$
(数9)

を満たす時には障害物は無いとして、閾値処理を行い、それ以外のK_{1th}に対し、
$$|a \sum_y K_m(y) - \sum_y K_m(y)|$$
(数10)

を最小とするy₀を求め、y₀を障害物位置としてもよい。

[0093] 但し、αは0から1の定数である。

[0094] (変更例3) 上記実施例の類似度計算部18では設定した処理領域に対して類似度D(y)及び類似度P(y)を求めた。

[0095] カメラ2画像で設定した処理領域と、カメラ1画像または変換画像上で設定した処理領域のその両方を処理領域を移動させながら最大となる類似度を求め、その最大値を類似度D(y)または類似度P(y)として出力してもよい。

[0096] 特に、この処理は、従来手法のような画像変換Tの補正を行わず、自車の揺れや道路面の傾き等に

を検出できないが、類似度P(y)が高く式(5)は負または小さな正の値をもつことになるため、式(5)についてピーク位置の探索等の解析を行えば障害物を正しく検出できることになる。

[0077] (3) 第3の路面状態

次に、図8のような路面上に停止線や道路の罫目、道路周辺の構造物による影等の一次的な強いテクスチャが存在する場合について説明する。

[0078] 処理領域内にこの強いテクスチャがあった場合(図中の領域a)について、本来、カメラ1画像とカメラ2画像のそれぞれ処理領域内のテクスチャにはステレオ相関による「ずれ」が生じているはずであるが、テクスチャが一次的であるためその「ずれ」が類似度に反映されない。

[0079] したがって、仮定を満たしていない処理領域にもかかわらず類似度D(y)が高くなり、類似度D(y)からだけでは障害物を正しく検出できないことがある。

[0080] しかしながら、路面上のテクスチャが一次的かつ2次元的なため、カメラ1画像の路面テクスチャは画像変換によってカメラ2画像の対応画像と一致し、類似度P(y)は高い値を持つことになるため、第1、第2の路面状態と同様に、式(5)からこのピーク位置の探索等の解析を行うことによって障害物を検出することができる。

[0081] (4) 第4の路面状態

図9のような障害物や周辺構造物の虚像が路面上に映り込む場合について説明する。

[0082] 仮に路面が鏡面と仮定した場合、見掛け上の負の高さの物体によるステレオ相関による「ずれ」が処理領域内に発生し、類似度P(y)も、カメラ1画像上の映り込みが高さを持つ物体同様、歪みをもつて変換されることになるため、小さな値をもつことになる。

[0083] 一般的に雨天時のような濡れた路面では、路面は路面テクスチャに水膜による障害物や周辺環境による鏡面反射成分を含んだ画像として撮像される。

[0084] 鏡面反射成分が少ない場合には、第1、第2の路面状態に近い結果となり、鏡面反射成分が多い場合には、前述の鏡面反射成分が起きる場合に近い結果となる。いずれの場合も類似度D(y)と類似度P(y)はどちらも近い値をもつため、類似度D(y)と類似度P(y)に対して式(5)を適用し、ピーク位置の探索等の解析を行えば障害物位置を検出し、式(5)で類似度D(y)と類似度P(y)の差を求め、y₀を求め、y₀を障害物位置として用いられる。

[0089] 類似度計算部18において、カメラ1画像、カメラ2画像及び変換画像の1つ以上の異なる縮小率の縮小画像(マルチスケール画像)を各々生成し、設定された処理領域の高さまたは幅あるいは面積(画素数)を用いて使用するスケール画像を選択し、縮小画像上の対応領域で類似度D(y)及び類似度P(y)を求め出力するようにしてもよい。

[0090] 障害物を自車に近いと仮定した場合(画像下部)には処理領域が大きくなるため、マルチスケール処理は使用する画像処理装置10の演算能力が低い場合や、類似度として用いる統計量の演算コストが高い場合に特に有効である。

[0091] (変更例2) 上記実施例の障害物判定部20では、式(5)に対して閾値処理をして障害物位置を決定していた。図6から図9で図示したように、式(5)は一般的に障害物位置を中心にして広がりを持つ。

[0092] 従って、
$$\sum_y K_m(y) = 0$$
(数9)

を満たす時には障害物は無いとして、閾値処理を行い、それ以外のK_{1th}に対し、
$$|a \sum_y K_m(y) - \sum_y K_m(y)|$$
(数10)

を最小とするy₀を求め、y₀を障害物位置としてもよい。

[0093] 但し、αは0から1の定数である。

[0094] (変更例3) 上記実施例の類似度計算部18では設定した処理領域に対して類似度D(y)及び類似度P(y)を求めた。

[0095] カメラ2画像で設定した処理領域と、カメラ1画像または変換画像上で設定した処理領域のその両方を処理領域を移動させながら最大となる類似度を求め、その最大値を類似度D(y)または類似度P(y)として出力してもよい。

[0096] 特に、この処理は、従来手法のような画像変換Tの補正を行わず、自車の揺れや道路面の傾き等に

[0086] 但し、前方に障害物が存在しない場合には、式(5)のピーク位置を画像中の障害物位置とするのは問題がある。このため式(5)の結果に対し閾値処理をし、閾値以上の結果に対してのみピーク位置を探索し、画像上での障害物位置として出力する。

[0087] 特許権判定部20で求めた障害物位置は、[0087] 特許権判定部20で求めた障害物位置は、使用しているカメラの特性から実際の距離情報等に変換するなどして、警報装置10や自動車の制御情報として用いられる。

[0088] (変更例1) 以下、変更例について説明する。

[0089] 類似度計算部18において、カメラ1画像、カメラ2画像及び変換画像の1つ以上の異なる縮小率の縮小画像(マルチスケール画像)を各々生成し、設定された処理領域の高さまたは幅あるいは面積(画素数)を用いて使用するスケール画像を選択し、縮小画像上の対応領域で類似度D(y)及び類似度P(y)を求め出力するようにしてもよい。

[0090] 障害物を自車に近いと仮定した場合(画像下部)には処理領域が大きくなるため、マルチスケール処理は使用する画像処理装置10の演算能力が低い場合や、類似度として用いる統計量の演算コストが高い場合に特に有効である。

[0091] (変更例2) 上記実施例の障害物判定部20では、式(5)に対して閾値処理をして障害物位置を決定していた。図6から図9で図示したように、式(5)は一般的に障害物位置を中心にして広がりを持つ。

[0092] 従って、
$$\sum_y K_m(y) = 0$$
(数9)

を満たす時には障害物は無いとして、閾値処理を行い、それ以外のK_{1th}に対し、
$$|a \sum_y K_m(y) - \sum_y K_m(y)|$$
(数10)

を最小とするy₀を求め、y₀を障害物位置としてもよい。

[0093] 但し、αは0から1の定数である。

[0094] (変更例3) 上記実施例の類似度計算部18では設定した処理領域に対して類似度D(y)及び類似度P(y)を求めた。

[0095] カメラ2画像で設定した処理領域と、カメラ1画像または変換画像上で設定した処理領域のその両方を処理領域を移動させながら最大となる類似度を求め、その最大値を類似度D(y)または類似度P(y)として出力してもよい。

[0096] 特に、この処理は、従来手法のような画像変換Tの補正を行わず、自車の揺れや道路面の傾き等に

15

よって生じる画像変換の変換算法がある場合に有効である。

【0097】(変置例4) 上記実施例の類似度計算部18及び障害物判定部20では、カメラ2画像上の1つの位置情報について1つの処理領域を設定して得られる類似度D(y)、類似度P(y)から障害物位置を検出していた。

【0098】これに対し、類似度計算部18においてカメラ画像2の処理領域(の位置、幅、高さを)を決定する関数を2つ以上用意し、各関数で設定される処理領域毎に類似度D(y)と類似度P(y)を求めてから、障害物位置を上記実施例の障害物判定部20の処理によって各関数値に行い障害物位置を求めもよい。

【0099】この時、最も自車に近い障害物を選択して出力しても、あるいは複数の障害物位置を出力してもよい、この位置情報を使用する制動装置10の形態に応じてどちらかを選択することになる。

【0100】(変置例5) 上記実施例の類似度計算部18では、カメラ2画像上で処理領域を設定してから、カメラ1画像及び変換画像上で同じ大きさの処理領域を設定していた。

【0101】これに対し、カメラ2画像上で仮定する車両後地盤を共有する異なる大きさの2つの処理領域を設定してから、カメラ1画像と変換画像上で各々対応する処理領域を設定してから、類似度D(y)と類似度P(y)を求めてもよい。

【0102】(変置例6) 上記実施例の類似度計算部18では、類似度計算で使用する処理領域を全て矩形とした。

【0103】これに対し、カメラ1画像、カメラ2画像、変換画像上の全てで、同じ形状の処理領域を持つのであれば任意の領域形状を選んでもよい、領域形状の違いによって本発明の本質は何ら変わるものではない。

【0104】(変置例7) 本発明では左右の2台のカメラについて実施例を説明してきたが、ステレオカメラと同様の条件(光軸平行、回転が無い)を満たすような第3のカメラを自車に設置し、カメラ1とカメラ2に対する処理と同様の処理をカメラ3、カメラ2画像に対しても同様に行い障害物位置を求めてもよい。

【0105】このとき2つの障害物位置が得られることになるが、障害物位置を使う制動装置10に応じて、自

16

車に距離が近い障害物の位置または2つの位置情報を制動情報として出力する。

【0106】(変置例8) 本実施例は、ステレオカメラを車に搭載して障害物を検出することに関して記述したが、例えば、地上の構造物にステレオカメラを固定して道路面上の車両や歩行者を検出する交通監視システムや、FA応用における作業台面(基準平面)上の物体位置の計測等にも応用可能である。

【0107】

【発明の効果】 以上により本発明であると、ステレオカメラ画像とステレオカメラ画像の道路領域間の画像を対応付けるような変換によって変換された画像を用い、ステレオカメラ画像間、ステレオカメラ画像-変換画像間の各々の対応領域間の類似度を求めて、その差を解析することにより、道路面に存在する様々なテラスや雨天時の映り込みによる虚像の影響を受けることなく道路上の障害物を検出できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例を示す障害物検出装置の全体構成である。

【図2】 自車の形態の例である。

【図3】 画像変換を説明するための図である。

【図4】 画像変換を説明するための図である。

【図5】 仮定する障害物と各画像の処理領域の関係である。

【図6】 第1の路面状態における路面上に2次元的な強い模様がある場合である。

【図7】 第2の路面状態における路面上に強い模様がない場合である。

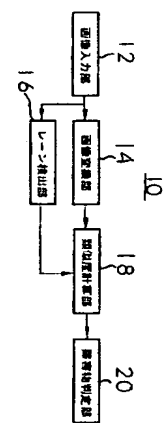
【図8】 第3の路面状態における路面上に1次元的な強い模様がある場合である。

【図9】 第4の路面状態における映り込みが発生する状況下の場合である。

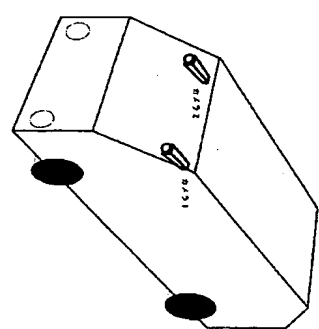
【符号の説明】

- 10 障害物検出装置
- 12 画像入力部
- 14 画像変換部
- 16 レーン検出部
- 18 類似度計算部
- 20 障害物判定部

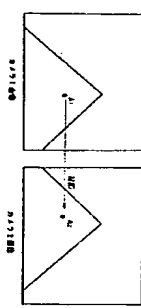
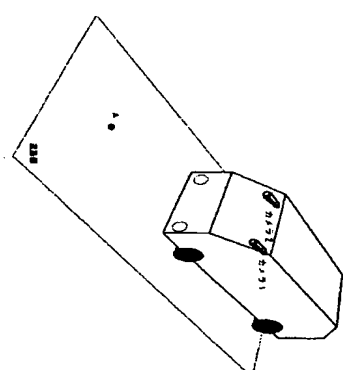
【図1】



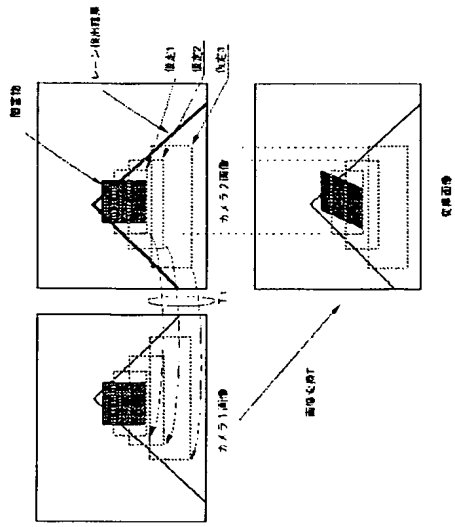
【図2】



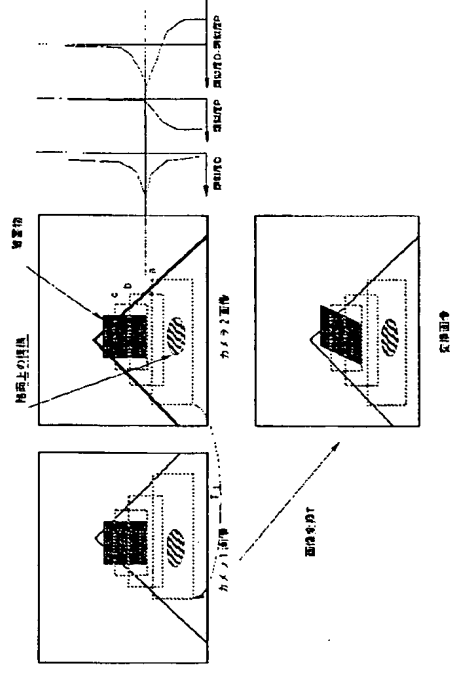
【図3】



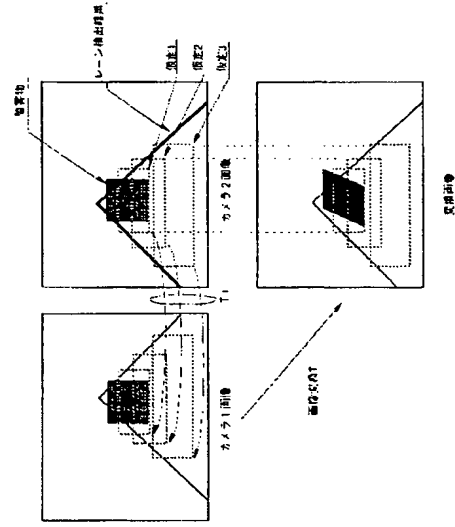
【図4】



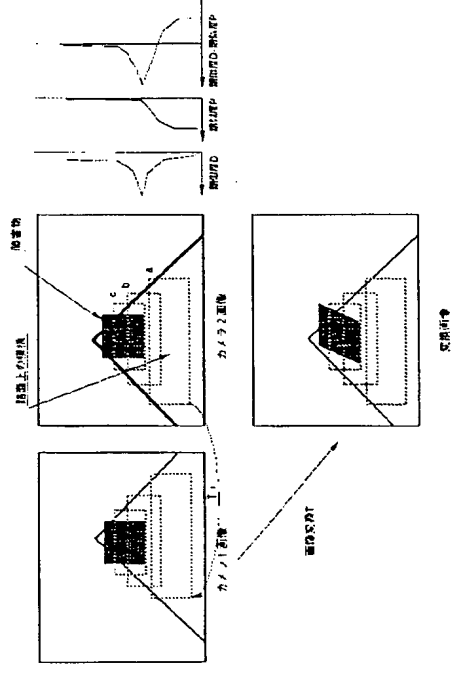
【図6】



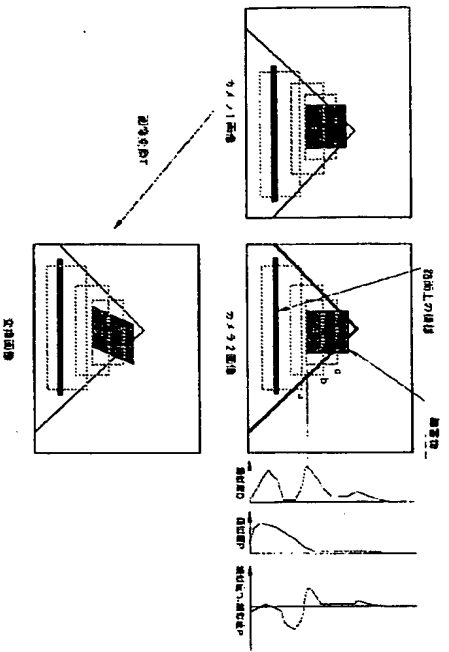
【図5】



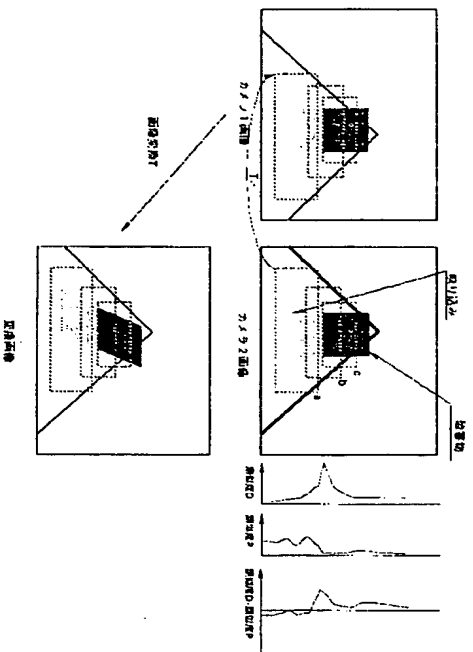
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 小野口 一則
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

Ｆターム(参考) 5B057 AA16 BA11 CA12 CA16 CB13

CB20 DA06 DA11 DA17 DC38

SH180 AA01 CC04 LL01 LL02 LL04

LL06 LL09

5L096 AA09 BA04 CA05 DA05 FA70

GA08 GA30 HA01 JA03 JA16

LA01

